

Proposition d'Action Spécifique «Rendu temps réel»

Pascal Guitton & Nicolas Holzschuch
LaBRI – GRAVIR

5 septembre 2002

1. Introduction

La synthèse d'images consiste à créer des images numériques en exécutant un programme informatique. Schématiquement, ce processus peut se décomposer en deux étapes : d'une part, la phase de modélisation où l'on spécifie les caractéristiques des objets à visualiser, d'autre part la phase de *rendu*, où l'on calcule l'image en fonction de ces descriptions. Les algorithmes de synthèse ont évolué de façon à améliorer la qualité des résultats¹ des premières images filaires dans les années 1960 aux effets spéciaux utilisés aujourd'hui pour le cinéma et basés sur une simulation de l'éclairage prenant en compte des effets lumineux tels que les ombres et les reflets. Malheureusement, cette évolution s'est souvent accompagnée d'un accroissement du temps de calcul, en dépit de l'augmentation de la puissance des machines.

Les chercheurs ont donc poursuivi deux objectifs antagonistes¹ augmenter le réalisme et diminuer le temps de calcul. Cette dernière contrainte est majoritaire dans certains contextes comme la réalité virtuelle où il est nécessaire de calculer et d'afficher une suite d'images à une cadence suffisamment élevée (à partir d'une vingtaine d'images par seconde) pour reproduire des mouvements ou des changements dans la scène sans que la perception humaine ne détecte de discontinuité¹ on parle alors de *rendu temps-réel*¹.

La présente proposition d'Action Spécifique se propose de regrouper les efforts des équipes de recherche en France dans le domaine du rendu temps-réel. Ce réseau d'équipes permettra d'utiliser les compétences de chacun et de faire avancer la recherche.

2. Intérêt de l'action spécifique

Actuellement, la phase de rendu est une étape séparée des autres processus qui travaillent sur le modèle de la scène, tels que la modélisation ou l'animation et ce pour des raisons historiques : le rendu était un processus long (des temps de calcul de plus d'une semaine pour la simulation de l'éclairage dans une scène de taille modeste étaient courants). Il existe aujourd'hui une conjonction de facteurs qui permet d'envisager prochainement un rendu de qualité sur des scènes de taille normale de façon interactive : on peut par exemple envisager qu'un opérateur effectue une modification de la scène (ajout d'objets, déplacement, animation...) et voit immédiatement les résultats de son action sur la simulation de l'éclairage dans la scène.

L'intérêt d'un rendu temps-réel est donc multiple :

- observer sans attendre les résultats des modifications dans l'étape de modélisation,
- obtenir un meilleur rendu, donc une meilleure immersion, dans une application de réalité virtuelle impliquant un rendu interactif,
- pouvoir synchroniser le rendu avec les phénomènes d'interaction utilisés en réalité virtuelle à une fréquence plus élevée,...

Cet objectif, visé par de nombreuses équipes dans le monde, n'est pas aujourd'hui réalisable. Cependant, des progrès réalisés récemment dans plusieurs domaines de l'informatique graphique le font apparaître comme un objectif envisageable à moyen terme, pourvu qu'on lui dévoue des efforts de recherche spécifiques et qu'on mette en place un réseau d'équipes de recherches travaillant ensemble sur le sujet.

3. État des recherches

Ces progrès récents ont été réalisés, d'une part dans le domaine algorithmique, d'autre part dans le domaine matériel, et enfin dans l'intégration des caractéristiques de la perception humaine aux calculs de simulation.

Algorithmique :

- Réécriture des algorithmes de modélisation de l'éclairage réduisant la complexité du problème de simulation de quadratique par rapport au nombre d'objets à sub-linéaire.

¹ Ce qualificatif ne possède pas le même sens que dans un contexte d'informatique industrielle ou de logiciels embarqués.

- Simplification des modèles de fonctions de réflectance d'un objet entraînant un calcul beaucoup plus rapide.
- Séparation du processus de rendu en une partie précalculée (longue) et une deuxième étape (courte) exploitant la position de l'observateur.
- Mise au point de solutions réparties s'exécutant sur des grappes et grilles de stations de travail génériques (de type PC).

Matériel :

- Augmentation de la puissance des ordinateurs diminuant le temps de calcul.
- Présence de cartes graphiques dotées de capacités de programmation individuelles avancées, pouvant être utilisées pour décharger l'unité centrale d'une partie des calculs.
- Intégration dans ces cartes de nouvelles fonctions pour simuler de façon approximative une partie des effets lumineux, tels que les ombres ou les reflets.

Perception :

Mise au point de techniques visant à tromper le processus de perception□

- Élimination des objets cachés ou éloignés de l'observateur (*culling*).
- Substitution du modèle (complexe) des objets éloignés par une description plus simple à visualiser (imposteurs, niveaux de détail).
- Abandon du classique paradigme facettes surfaciques au profit d'une description basée sur des points (*surfels*).
- Création d'algorithmes de rendu non-photoréalistes souvent beaucoup plus simples que les solutions basées sur des approches physiques exactes, et permettant une meilleure compréhension (analogie avec une carte symbolique de type Michelin par rapport à une photo aérienne «réaliste□ du même territoire).

4. Directions de recherche

Nous proposons une liste, évidemment non exhaustive, ni classée, de voies de recherche qui nous semblent offrir des perspectives intéressantes de résolution des problèmes évoqués dans la section précédente. Ces voies de recherche sont recouvertes par les compétences acquises par les équipes pressenties pour faire partie de cette action spécifique.

- La plupart des méthodes de simulation de l'éclairage ont été conçues pour des schémas numériques. L'aspect visuel n'est pas toujours maîtrisable□qui plus est, l'accélération de ces algorithmes se fait souvent au détriment du résultat visuel. Pour qu'une simulation de l'éclairage soit utilisable de façon interactive, il est nécessaire de contrôler ce côté esthétique.
- Précisément *parce que* nous voulons réaliser le rendu de façon interactive, nous devons supposer qu'il partage la machine avec un autre processus, celui de l'utilisateur. Il est donc important que le rendu n'utilise pas tout le temps de calcul disponible, gaspillant ainsi le gain d'interaction procuré. Il faut alors prévoir un mécanisme de régulation qui contrôle le temps de réponse de l'algorithme de rendu, ainsi que son utilisation des ressources système.
- Les solutions de type grille de PC combinées à des algorithmiques utilisant des étapes de précalcul offrent sans nul doute un espoir important mais nécessitent des efforts très lourds par exemple dans la mise au point de bibliothèques de rendu réparti.
- Une voie intéressante consiste à «□détourner□ certaines fonctions câblées dans les architectures machines pour leur faire réaliser des calculs non directement visibles mais intégrables à une chaîne globale de rendu. L'apparition récente de cartes offrant aux développeurs des possibilités de programmation est à étudier rapidement.

5. Plan d'action

Il s'agit, dans un premier temps rapide, de recenser les intérêts et compétences des équipes de recherche, puis, de dresser une liste classée d'items à étudier. Pour cela, le premier moyen d'action envisagé consiste à organiser 2 à 3 fois par an des séances de travail courtes (1 à 2 journées) regroupant les membres des équipes françaises. En fonction des points abordés, il serait très utile de pouvoir inviter des collègues étrangers spécialisés sur des aspects similaires (Allemagne, États-Unis...) mais aussi des personnalités travaillant sur des

domaines complémentaires (par exemple, des cognitivistes pour mieux comprendre des phénomènes de perception).

En fonction des priorités retenues et du budget disponible, il serait certainement intéressant de pouvoir organiser un travail plus spécifique de développement (mise au point de scènes test, comparaison réelle d'algorithmes, implémentation de solutions théoriques ...).

Nous demandons donc un budget de 30 k pour un an afin de pouvoir mettre en œuvre ce plan d'action.

6. Equipes pressenties

- GRAVIR (UMR 5527, Grenoble)
- IGM (ESA 8049, Marne-la-Vallée)
- IRIT (UMR 5505, Toulouse)
- LABRI (UMR 5800, Bordeaux)
- LIGIM (EA1899, Lyon)
- LSIIT (UMR 7005, Strasbourg)
- REVES (INRIA Sophia-Antipolis)